

蛇紋岩質土壤に生育する桑の異常障害に関する研究(第1報)

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	高岸, 秀次郎 東野, 正三 飯塚, 隆治
巻/号	42巻2号
掲載ページ	p. 135-143
発行年月	1973年4月

蛇紋岩質土壤に生育する桑の異常障害に関する 研究 第1報 異常症状および症状発生 桑園土壤の化学性と桑の無機組成

高岸秀次郎・東野 正三*・飯塚 隆治

東京都杉並区・蚕糸試験場化学部

*京都府綾部市・蚕糸試験場関西支場

(1972年8月26日受理)

蛇紋岩の風化によって生成した土壤に生育する作物に異常障害が発生することは以前より知られており、わが国においてもすでに各種作物についていくつかの例が報告されている。特に北海道地方の蛇紋岩質土壤については各種作物の生育障害、土壤の化学的特性(増田・佐藤, 1961; 水野, 1967a, b, 1968)ならびに改良保全(増田, 1963; 水野ら, 1967)の面から詳細に検討され、ほぼその全容が明らかにされたと考えられる。桑については、最近までこの種の異常障害が見過されてきたが、著者ら(1969)は1966年に兵庫県養父郡関宮町における異常障害発生桑園を調査し、土壤概況および障害の肉眼的所見により一応ニッケル過剰による障害と判定し、結果の一部を報告しておいた。

この地帯では以前から各種作物に異常症状が発現し、往々にして栽培不能となるほど激しい場合もあって問題となっていたが、一般的には開こん後4~5年経過し、地元の表現で「金気が抜けて土がなれる」と障害程度が軽減するといわれている。そのための方策として多肥栽培(普通施肥量の1.5~2.0倍)、あるいは植付時の天地返しなどが行なわれてきたといわれる。また一方では付近の製錬所から発生するアンチモンの過剰障害との見方もあり、また微量要素欠乏の立場から各種要素の添加試験などが行なわれたともいわれているが結論は得られていなかった。

著者らは桑におけるニッケル過剰症の発見を契機として1967年以後蛇紋岩質土壤における桑の異常障害対策について二、三の検討をおこなってきたが、本報ではそのうち主として現地調査にもとづく異常

症状、土壤および桑の分析結果について報告する。

現地調査にあたり兵庫県蚕糸試験場山本勲、足立重信(現在兵庫県繭検定所)技師らの協力を得た。記して感謝の意を表する。

現地調査結果

1. 異常症発現桑園の概況

調査桑園は円山川支流の八木川南岸(兵庫県養父郡関宮町)に位置する標高700~800mの山地の前縁台地上に造成されたもので、2~8°の傾斜を有するが、微細地形はかなり複雑であった。桑品種は主として一ノ瀬であるが一部多胡早生が栽植され、いずれも樹令10年以上と推定された。土壤は暗褐色(チョコレート色)を呈し、全体として埴壤土質で粘性もかなり強く、いたる所に蛇紋岩屑が散在し、典型的な蛇紋岩質土壤と推定された。代表的土壤断面を第1図に示す。

兵庫県地質図(兵庫県編, 1951)によれば兵庫県における蛇紋岩類は2地域にわかれて分布している。すなわち養父郡関宮町から八鹿町の南部と大屋町の北部の間における分布と、出石郡但東町における分布である。調査桑園は前者の地域に相当している。

異常症の発現は桑園全体の微細地形が複雑であるため、発現する部分と外観上健全な様相を呈する部分とが不規則に分布している。なお本桑園附近の畑地において、トウモロコシ、菜豆、大根など各種栽培作物のほか柿、杉苗、各種雑草にも異常症が認められ、特に栽培作物については既往の症状例からみて典型的ニッケル過剰症と判定された。

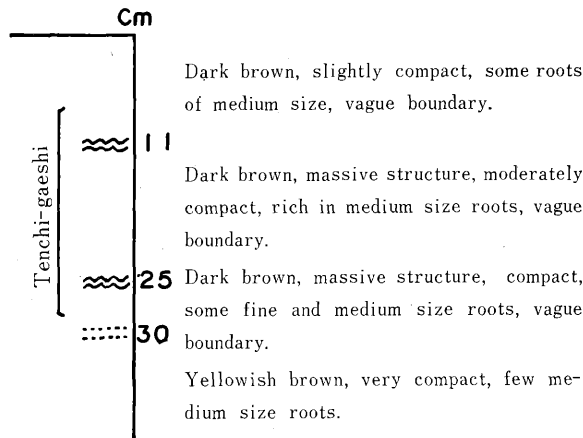


Fig. 1. An example of soil profile of serpentine mulberry field, at the stock I: moderately-normal in table 1.

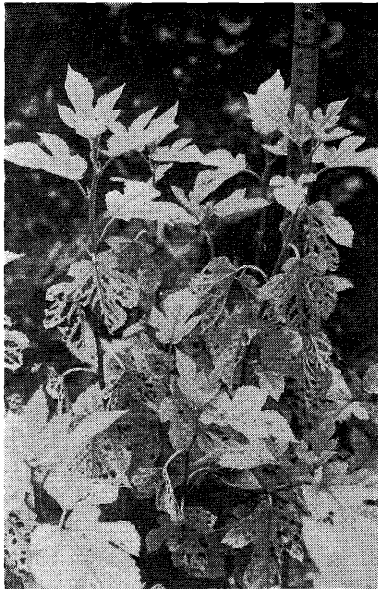


Photo. 1. Ni excess symptom of mulberry plant on serpentine soil, Ichinose var.

Chlorosis of younger leaves, followed by severe intervenal necrosis. These symptoms are apt to appear at the leaves on shoots developed after summer pruning.

2. 桑における異常症状

調査桑園はほぼ50aほどの小面積にしかすぎないが、微細地形の変化、過去における天地返し、客土



Photo. 2. Zn deficient symptom of mulberry plant on serpentine soil, Ichinose var.

Bushy appearance near top of shoots, because of shorter internodes and sharp angle of petioles to shoot. Younger leaves show progressively intervenal chlorosis and may become cupped.

などの影響をうけているため場所によって症状の程度はさまざまであった。また栽培されている一ノ瀬、多胡早生両品種の間でも発現程度が異なり、後

者の方がやや激しい様であった。しかし両品種に共通してみられる典型的症状は写真1に示すように成長点附近の桑葉の黄化と葉脈間のチョコレート色小斑点（ネクロシス）の発現、ないし激しい場合には葉が碗状に捲きこみ葉縁および葉脈間が壊死することである。この種の症状は春蚕期の新梢にも現われることもあるが、夏切後あらたに伸長した桑の伸長初期の葉に特に著しく発現する。最も著しいのは7月中～下旬で、その後発育伸長した部分の桑葉は次第に健全な緑色を呈するにいたり、8月上～中旬以降の葉には症状は認められなくなる。したがって晩秋蚕期（8月下旬～9月上旬）には全条長の下部1/3～1/2の桑葉に異常症が残っているか、あるいはその葉位の葉は枯死落葉していることになる。

1966年7月22日（夏切6月10日）における葉位別にみた症状発現の一例を示すと、

葉位	桑品種	一ノ瀬	多胡早生
上位	1-6	黄化	1-6 黄化
	7-12	黄化, チョコレート斑点	7-8 黄化やや褐変
↓	13-15	漸移	9-14 褐変甚だしい
	16-18	淡緑	15-16 褐変
	下位	19 緑	17-24 緑

異常症発現株は夏切後の新根発生もおくれ、全体として10～20%程度生育が遅滞していると推定された。

その他二、三の異常症状を呈する株が散見された。主な症状の1つは桑葉の黄白化であり、ネクロシスはなく、さらに黄白化の程度は葉位によって異なるもの、その2は枝条の先端10～15cmまでの葉がスプーン状にまるまり叢生状を呈し、葉柄の着生角度が狭くなるものである。この症状を呈する葉は症状が進むにつれてクロロシス（黄白化）をおこすにいたる（写真2）。第3の症状は上記の症状群が複合して発現しているものである。

土壌および桑の分析結果

1. 分析方法

土壌の一般化学性については常法にしたがって供試液を調製し、カルシウム、マグネシウム、鉄、ニッケルなどは原子吸光法により測定した。桑については乾燥粉末試料を550°Cで灰化後無機元素を1規

定塩酸で抽出し、原子吸光法で測定した。

2. 土壌の化学性

分析結果を第1表に示した。重症株、中症ないし健全株附近の表土はいずれも強酸性を示し塩基飽和度も低かった。一ノ瀬の中症ないし健全株附近の土壌について層位別にみると下層土ほど酸性が弱く、塩基飽和度も著しく高くなる傾向がある。その他の場合はせいぜい25cmまでの深さしか調査していないがこの傾向は共通していると予想される。また多胡早生の重症株の場合のように下層土（第2層）の方が強酸性を示すこともあるが、これはかつて部分的に行なわれた天地返し、客土などの影響が残っているのかもしれない。

塩基組成をみると概してカルシウム含量は下層ほど低くなり、これに対しマグネシウム含量が著しく高くなっている。また塩基組成中マグネシウムの占める割合も普通土壌（非蛇紋岩質土壌）にくらべて著しく高く、特に下層土ではカルシウムと同等またはそれ以上の含量を示すことがある。このことはこの桑園の土壌が蛇紋岩質土壌の性格の一面を強く反映していることを意味している。

りん酸、カリ含量が表土でいづれの場合も高いが、これは施肥の影響をうけているとみられる。

蛇紋岩質土壌の他の特徴であるニッケル含量を置換態（1規定中性酢酸アンモン可溶）についてみると、一ノ瀬中症ないし健全株附近の土壌の層位別分布にみられるように第2層が最も高く、下層土ほど低くなっている。他の場合は前述した理由で明らかではないが少なくとも表土（第1層）よりも下層土（第2層）の方が高いという点では共通している。1/5規定塩酸可溶態ではこの傾向が乱れることもあり、また両形態のニッケル含量がかならずしも平行的關係にあるわけではないが、ほぼ同じ傾向とみてさしつかえないであろう。表土（第1層）の易溶態ニッケル（置換態および1/5規定塩酸可溶態）が下層土（第2層）より少ないことについては前述のごとき諸作業の結果に由来しているのかもしれないが、一ノ瀬中症ないし健全株附近の土壌でみられるように下層土ほど少くなることについては本調査の範囲では説明し得ない。ここでは酸性の強い土壌では概してニッケル含量が高くなること、また重症株附近の土壌ほど高含量となる傾向があり、症状の軽重と易溶態ニッケル含量とがほぼ対応していること

Table 1. Soil analysis of serpentineous mulberry field (* mg per 100 g and ** ppm, air-dried soil basis)

Sample location ^{a)}	Layer	Depth (cm)	pH		Y ₁	CEC me/100g	Base saturated degrec (%)	N Amm. acetate (pH 7) sol.			N/5 HCl soluble					N/5 HCl sol. Fe/Ni		
			H ₂ O	KCl				Ca*	Mg*	Ca/Mg	Ni**	P*	K*	Ca*	Mg*		Ni**	Fe**
I: Severly	Upper	0-10	4.50	3.64	7.65	26.6	48.2	148	41.2	3.59	20.4	4.71	7.51	189	53.0	87.5	234	2.67
	Lower	10-20	4.65	3.68	6.95	27.2	39.5	110	32.5	3.38	34.2	0.804	6.88	225	45.0	133	325	2.44
I: Moderately-Normally	1	0-11	4.77	4.04	2.15	30.8	52.3	222	33.2	6.69	9.8	7.65	11.2	225	38.7	101	118	1.17
	2	11-25	5.07	4.15	0.85	25.0	55.1	125	50.0	2.50	24.0	0.965	4.61	120	51.6	129	175	1.36
	3	25-30	6.40	5.40	0.35	23.4	69.1	112	91.0	1.23	8.0	0.428	3.74	113	104	105	213	2.03
	4	30-	6.90	5.70	0.10	22.8	89.7	106	128	0.83	3.0	0.537	2.45	114	135	61.3	193	3.15
T: Severly	Upper	0-16	4.37	3.55	15.8	29.9	37.5	106	19.4	5.46	4.6	6.58	13.1	108	20.0	36.3	81.3	2.24
	Lower	16-	5.36	4.52	0.45	29.1	70.2	206	47.6	4.33	21.8	0.751	10.0	230	62.2	155	430	2.77
T: Normally	Upper	0-12	5.04	4.20	12.3	29.1	52.1	194	14.0	13.9	8.0	36.3	14.4	219	17.5	18.8	413	22.0
	Lower	12-	4.49	3.78	12.3	23.9	43.3	119	12.8	9.30	16.0	0.162	8.75	132	13.7	15.0	170	11.3

a) (1) I: near the stock of Ichinose variety

T: near the stock of Tagowase variety

(2) Severly, moderately-normally and normally: degrec of damage judged from apparent symptoms

を指摘しておく、

置換態ニッケル含量は本調査では3.0~34.2 ppmの範囲にあった。この値については、たとえば北海道の蛇紋岩質土壤で同じ方法で得られた最高値が21.3 ppm (増田・佐藤, 1961), 45.8 ppm (水野, 1967 a) であり、これらの成績から本桑園土壤の性格が大よそ想像される。

3. 桑の分析結果

1966年7月22日に調査した桑樹について分析した結果を第2, 3図に示す。この桑は同年6月10日に夏切りし、調査時まで約40日間経過しているが、この間に枝条が重症株で約30cm, 健全株で約60cm

程度再生長していた。異常症状の発現程度から一ノ瀬および多胡早生をそれぞれ3~4段階に分ち、その各々の株から試料を採取した。すなわち枝条を葉の着生数で三分し、葉、葉柄、枝条に区分し、3~5枝条分をまとめて分析試料とした。したがって異常桑の場合は上位葉は褐変葉位の上部にあってやや黄化し、中位葉はほぼ褐変葉位に相当し、下位葉は淡緑ないし、緑色を呈して著しい障害をうける前に形成された葉ということになる。

カルシウム、マグネシウムの葉位別分布は葉、葉柄ともに下位ほど高く、枝条では上位が高くなっている。両元素とも外見上健全な葉、枝条よりも異常

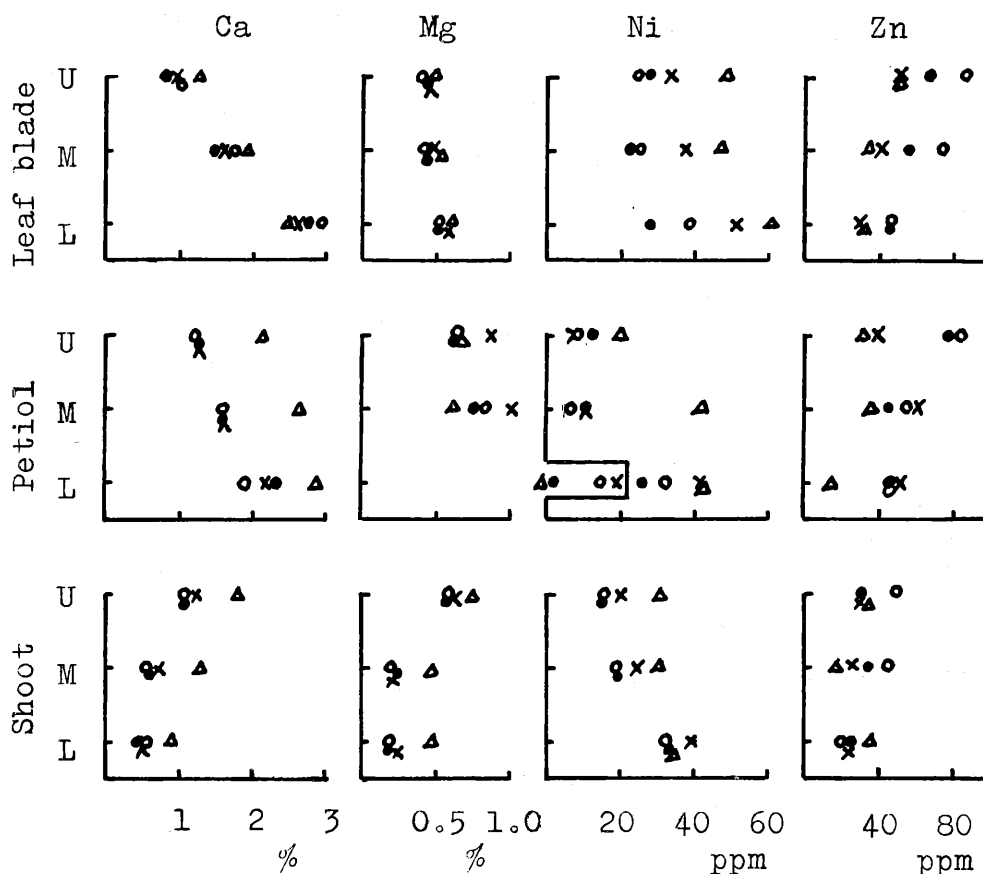


Fig. 2. Calcium, magnesium, nickel and zinc contents in mulberry plant var. Ichinose. Samples were taken from upper (U), middle (M) and lower (L) parts which are divided by approximately 1/3 of total number of leaves on shoot. The sign ○ in figure represents to mulberry plant growing vigorously, the ● to one with normal appearances, the × to moderately and the △ to severely damaged one.

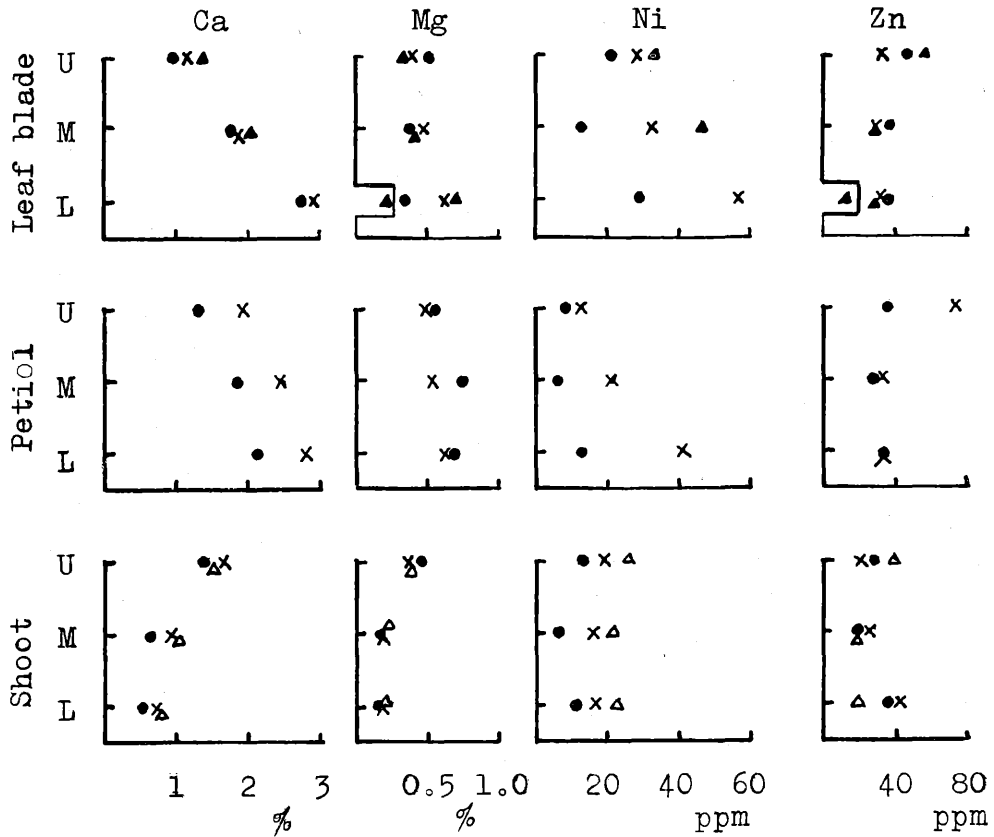


Fig. 3. Calcium, magnesium, nickel and zinc contents in mulberry plant var. Tagowase. Sampling was same as in Figure 2. The signs in figure are same to Figure 2, although the data of severely damaged plant are shown by sign ▲, because the leaf blade and petiol are not separated and analyzed together.

なものの方が平均含量が高い傾向にあるが、必ずしもはっきりしない場合もある。

ニッケル含量は一ノ瀬では葉に最も多く、次いで枝条に蓄積され、葉柄には比較的少ない。また葉、枝条ともに下位程多く、上、中位と下位との含量差は葉柄、枝条において特に著しい。多胡早生の場合は葉柄と枝条のニッケル含量は大差なく、また枝条における上位、下位の含量差もあまり明瞭でないなど、一ノ瀬と若干異なる様相を示していた。葉中ニッケル含量と異常症状発現程度とを対応させてみると、障害の激しい株程多量に蓄積されていることが判る。この関係を一例として上位葉について図示すると第4図のごとくであるが、中、下位葉についてもほぼ同様の傾向がみられた。また調査したかぎり

では多胡早生の方が障害が著しい様であったが、葉中のニッケル含量はむしろ一ノ瀬の方が高かった。

亜鉛については一、二の例外を除いて明らかに上位に集積すること、および重症のものほど葉部における含量が低いことが認められる。第4図にはニッケルとともに亜鉛についても上位葉における含量と症状の程度を対比してあるが、上述のように亜鉛がニッケルと対照的な行動をとることが明らかに示されている。またこの傾向は一ノ瀬で特にはっきりしていた。亜鉛含量の品種間差異はニッケルの場合と同様一ノ瀬の方がやや高い傾向にあるが、これらのちがいが品種の特異性か、混在して植栽された立地条件のわづかの差によるのかは本調査の範囲では明らかでない。

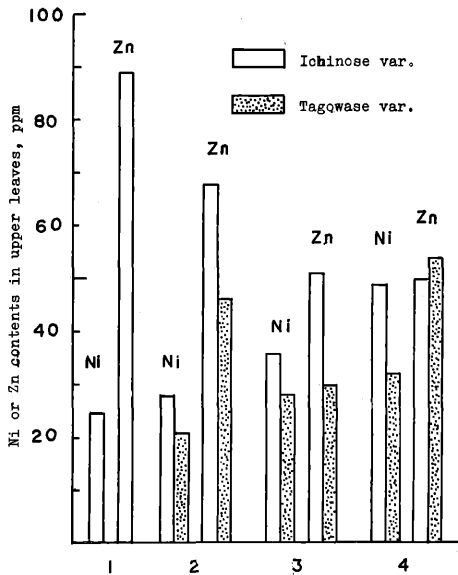


Fig. 4. Nickel and zinc contents in upper leaves of mulberry plants grown on serpentineous soil. The numbers of horizontal axis represent the stocks with different appearances of damage respectively: 1, vigorously growing, 2, normally appeared, 3, slightly-moderately damaged and 4, severely damaged.

鉄についての分析結果は記載を省略したが、器官別、葉位別分布ないし障害程度との対応に明瞭な一般的傾向は認め難かった。

考 察

わが国における蛇紋岩、カンラン岩質土壌の分布は全体で155,000 haにおよび、その内31,000 haが耕地であるといわれるが、蛇紋岩質土壌における桑の生育異常が見過されてきたのは、たまたま桑園の分布と一致する場合がきわめて少なかったためと考えられ、またニッケル過剰の観点からの研究も見当たらない。

桑園は主要養蚕地帯をのぞいてきわめて小規模な桑園が分散分布する場合が多いため、この種の被害面積を推定することも困難であり、現在なお把握されていないが、その後長野県北安曇郡、静岡県引佐郡などに同様な被害園が見出されている。したがって現在問題とされている例数、面積などは少ない

が、蛇紋岩質土壌の全国的分布はおおよそ明らかとなっているので当該地域の桑園を詳細に調査することによって例数、面積ともに増大することが予想される。

さて蛇紋岩質土壌における一般作物の生育障害については数多くの研究があり、そこから導かれる結論として少くとも生育障害の主因がニッケルの過剰吸収にあることは疑いない。したがって本調査で認められた症状のうち最も普遍的なものは、桑以外の畑作物、雑草などに現われた症状をも考慮に入れてニッケル過剰症と判定して差支えなからうが、なお、その他に前述のごとき諸種の症状が同一桑園内で散見される所からニッケル以外の微量金属元素との相互関係についても注意を払っておく必要がある。後者の症状群については水耕桑で人為的に発現させた症状と対比すると、黄白化症状を呈するものは鉄欠乏症に、枝条先端が叢生状を呈するものは亜鉛欠乏症にきわめて類似しており、また両者の複合形ともみられる症状も認められている。これらの症状がニッケル過剰症の前駆症状ではないという保証は本調査の範囲内では与えられないが、少くともニッケル過剰症を示す株とは異っていた。その中で分析の対象としたのは、いわゆる典型的ニッケル過剰症とみられる葉脈間のネクロシス発現から識別した株であり、したがってニッケル過剰症は認めうるが、亜鉛、鉄欠乏症などは肉眼的に判定し難いものであった。このような桑について葉中のニッケルおよび亜鉛含量の関係をみると第4図に示されたように、障害の著しい桑葉ほどニッケル含量が高く、亜鉛含量が低いという一般的傾向がある。したがってニッケルの多量吸収によって亜鉛の相対的欠乏を招来する可能性はあるが、この欠乏は必ずしも典型的な亜鉛欠乏症の発現とは結びつかないでニッケル過剰症となって表現されている。個別別に種々の症状を発現することは、立地条件のわづかなちがひによって微量金属元素吸収量が異なるためニッケル過剰症が主導型となったり亜鉛欠乏症が主導型となったりするとの説明が一応可能であろうが、同一株内でも微量金属元素の量および相対(平衡)関係が症状発現に関与する重要な因子となっているとの推定も十分可能性がある。この点についてはさらにに検討を加えて報告する予定である。

一般作物については、たとえば VERGNANO ら

(1952), CROOKE and KNIGHT (1955) および CROOKE (1955) は水耕、砂耕で燕麦のニッケル障害と鉄欠乏との関係を示唆し、大塚ら (1962 a), 石原ら (1963 a, b) は蛇紋岩質土壌における柑きつの生育障害とモリブデン欠乏との関係を、また大塚ら (1962 b), 田中 (1960) は亜鉛欠乏との関係を強調している。

水野ら (1967) は逆にニッケルの毒性抑制に対する微量金属元素の施用効果を検討し、燕麦では亜鉛添加>銅添加>マンガン添加の順に生育が良好となったという。また植物体内の銅—ニッケル比、鉄—ニッケル比などが障害の度合と密接な関係にあることも示唆されており (MIZUNO, 1968), いずれも蛇紋岩質土壌における生育障害がニッケル過剰という単一の側面だけで理解し得るものではないことを示唆している。

本調査桑園における桑葉中のニッケル含量は症状発現程度や葉位によって異なるが20~50 ppm の範囲にあり、時に60 ppm 程度の場合もあった。志波 (1952) によると信大農場の各種緑葉中のニッケル含量は大よそ0.24~1.64 ppm で、桑については1.04 ppm であったという。この結果からみると本桑園の桑は異常に多くのニッケルを吸収していることになる。一方前述したように土壌中の置換性ニッケル含量は3~34.2 ppm であったが、水野ら (1967) によると燕麦、かんらん、大豆、小豆、アルファルファ等抵抗性の小さい作物では置換性ニッケルが5 ppm 程度から障害が現われる。この結果と対比してみると桑はニッケル過剰障害に対し、やや抵抗性が大きい作物であるとみることが出来よう。しかし桑の場合には単に収量のみでなく飼料価値の面からの検討が必要である。症状発現経過についてすでに述べたように夏切後の約2カ月間に発育した枝条について障害をうけ、それ以後に発育伸長した部分については次第に健全な様相を呈するに至るから蚕期別には初秋蚕期用桑として用いる場合は問題を生ずるかもしれない。しかし晩秋蚕期用桑としての飼料価値の点ではあまり問題がないと考えられ、これまでも異常桑飼育によると考えられる違作はなかったといわれる。このことはしかし晩秋蚕期にはニッケル過剰から回復後に発育した葉が用いられたと考えるべきであって、異常症発現桑葉そのものの飼料価値については別箇に検討すべきである。

摘 要

兵庫県下の蛇紋岩質土壌地域における桑の生育異常を栽培桑に関してはじめてニッケル過剰症と判定し、さらに現地桑園土壌および桑の化学組成の特徴を論じた。

1. 桑のニッケル過剰症は通常夏切り後伸長した枝条の葉に発現しやすく、特に7月中~下旬頃最も著しく、その後発育した桑葉は次第に健全な様相を呈する。7月中旬の症状は上位1/3葉位の葉が黄化、中位1/3の葉の葉脈間に褐色ないし黒褐色のネクロシスを生ずる。下位1/3葉位は淡緑から緑色に漸移する。

2. 同一桑園で亜鉛欠乏症、鉄欠乏症および両者の複合症状を呈する桑株が見出された。

3. 本桑園の表層土は強酸性で塩基飽和度も低いが、下層土ほど酸性が弱くなる。塩基組成は下層土ほどマグネシウムの占める割合が高くなる。置換性ニッケル含量は3.0~34.2 ppm で概して第2層で最も高含量を示した。

4. 桑の葉身、葉柄、枝条について、カルシウム、マグネシウム含量は異常株の方がやや高い傾向を示したが明瞭でない。ニッケル含量は概して葉身で最も高く、葉位、障害程度によって異なるがおおよそ20~50 ppm の範囲にあった。なお葉身中ニッケル含量は障害の激しい株ほど高く、これに対し亜鉛含量は逆に低かった。

文 献

- CROOKE, W.M. and A.H. KNIGHT (1955): Ann. Appl. Biol., **43**, 454-464.
- CROOKE, W.M. (1955): Ann. Appl. Biol., **43**, 465-476.
- 兵庫県農地部耕地課 (1951): 兵庫県地質図
- 石原正義・佐藤公一・尾山光雄・下楠章・長谷嘉臣・金野三治 (1968 a): 園試報, **A7**, 1-37.
- 石原正義・長谷嘉臣・横溝久・金野三治・佐藤公一 (1968 b): 園試報, **A7**, 38-72.
- 増田敏春・佐藤亮八 (1961): 北海道立農試集報, **8**, 37-48.
- 増田敏春 (1963): 北海道立農試集報, **11**, 52-58.

- 水野直治 (1967 a): 北海道立農試集報, **15**, 48-55.
- 水野直治 (1967 b): 北海道立農試集報, **16**, 1-9.
- 水野直治 (1968): 北海道立農試集報, **17**, 62-72.
- 水野直治・平井義孝・小林莊司・佐藤亮八・増田敏春 (1967): 北海道立農試地力保全研究報告, **1**, 2-27.
- MIZUNO, N. (1968): *Nature*, **219**(5160), 1271-1272.
- 大塚恭司・高橋幸雄 (1962 a): 土肥誌, **33**, 509-512.
- 大塚恭司・高橋幸雄 (1962 b): 土肥誌, **33**, 461-464.
- 志波清時 (1952): 土肥誌, **22**, 175-176.
- 高岸秀次郎・飯塚隆治 (1969): 日蚕39回講要, 17.
- 田中彰一 (1960): 東近農試園芸部特別研究報告, **1**, 29-47.
- VERGNANO O. and J.G. HUNTER (1952): *Ann. Bot. N.S.*, **17**, 317-328.

Summary

Studies on the abnormal features of mulberry plant growing on the soils derived from serpentine Part 1. Chemical analysis of serpentineous soils and mulberry plants injured by nickel toxicity

By

Hidejiro TAKAGISHI, Shozo HIGASHINO and Takaharu IZUKA

The nickel excess symptom of mulberry plant was found out first in 1966 by the authors at mulberry field of serpentineous soil at Yabu-Gun, Hyogo Prefecture. In this paper, the appearances of mulberry plants suffered from nickel toxicity were described and the chemical properties of the serpentineous soils and the injured mulberry plants were discussed.

(1) Nickel excess symptoms of mulberry plant, characterized by brown or dark brown intervenal necrosis of leaves usually appear at the leaves on shoots developed after Natsugiri, summer pruning, severely in the middle or toward the end of July.

The leaves developed after that become gradually green and have normal appearances. Typical features of injured mulberry plants in the middle of July are: light yellowing leaves at the upper about one third on shoots, development of brownish or dark brownish necrotic area between leaf veins at the middle about one third on shoots and the leaves of lower about one third on shoots with transitional color from light green to green.

(2) Symptoms just like to zinc and iron deficiencies were also found out at the same field.

(3) The surface soil, cultivated layer, of the field was very acidic and its base saturation degree was also very low, but the acidity decreased with increasing depth. Relative content of magnesium in exchangeable bases of soil was markedly increased with increasing depth. Exchangeable nickel content of soils ranged from 3.0 to 34.2 ppm and was generally higher at the layer adjacent to surface soil.

(4) Calcium and magnesium contents in leaf blades, midribs and shoots were slightly higher in damaged plants than one with normal appearances. Nickel contents were generally higher in leaf blades among these three organs and ranged from about 20 to 50 ppm, although differed according to leaf location on shoot and degree of damage. The severer degree of damage judged by appearances the higher nickel content in leaf blade, but the lower zinc content.

(*Sericultural Experiment Station, Suginami-ku, Tokyo*)